

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

JOSIP ŠKARPA

IZBOR MJESTA POSTAVLJANJA
MAGNETSKOG KOMPASA

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ POMORSKA NAUTIKA

IZBOR MJESTA POSTAVLJANJA
MAGNETSKOG KOMPASA

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

Dr.sc. Zvonimir Lušić

STUDENT:

Josip Škarpa

SPLIT, 2018.

IZBOR MJESTA POSTAVLJANJA MAGNETSKOG KOMPASA

SAŽETAK

U prošlosti je magnetski kompas bio jedini instrument za pokazivanje pravca meridijana, a za njegovo korištenje na brodu bitno je bilo poznavanje varijacije i devijacije. Temeljni zahtjevi koje izabrano mjesto za postavljanje glavnog kompasa mora ispunjavati su pouzdanost kompasa u radu koja se osigurava izborom najpovoljnijih magnetskih i dinamičkih uvjeta i temperaturnog režima i vlažnosti, te lako korištenje i jednostavno održavanje kompasa. Zbog navedenih uvjeta obično se postavljaju na vrhu kormilarnice kako bi utjecaj brodskog magnetskog polja bio najmanji, a s druge strane kompas bio dovoljno blizu mjesta kormilarenja.

Ključne riječi: *kompas, magnetizam, kompenzacija, mjesto kompasa*

MAGNETIC COMPASS POSITIONING

ABSTRACT

In the past, the magnetic compass was the only instrument to show the direction of the meridian, and for its use on board it was important to know variation and deviation. The basic requirements that have been chosen for the positioning of the main compass must be the compass reliability in the work that is provided by the choice of the most favorable magnetic and dynamic conditions and temperature regime and humidity, and easy to use and easy maintenance of the compass. Due to the above mentioned conditions, they are usually placed at the top of the wheelhouse to minimize the impact of the ship's magnetic field, also the compass should be situated close to the wheelhouse.

Keywords: *compass, magnetism, compensation, compass position*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. MAGNETSKI KOMPAS	3
3. BRODSKI MAGNETIZAM.....	8
3.1. POSTANAK BRODSKOG MAGNETIZMA	8
3.2. STALNI BRODSKI MAGNETIZAM	9
3.3. PROMJENJIVI BRODSKI MAGNETIZAM.....	12
4. KOMPENZACIJA MAGNETSKOG KOMPASA.....	15
4.1. KOMPENZACIJA NAGIBNE POGREŠKE	17
4.2. KOMPENZACIJA METODOM POZNATIH KOEFICIJENATA	17
4.3. KOMPENZACIJA METODOM NEPOZNATIH KOEFICIJENATA.....	19
5. DEMAGNETIZACIJA BRODA	21
6. POSTAVLJANJE MAGNETSKOG KOMPASA	23
6.1. UGRADNJA I PROVJERA MAGNETSKOG KOMPASA.....	23
6.2. POSTAVLJANJE MAGNETSKOG KOMPASA NA RAZNIM TIPOVIMA BRODOVA.....	25
6.3. SOLAS ZAHTJEVI ZA POSTAVLJANJE MAGNETSKOG KOMPASA ..	28
6.4. SMJERNA SILA	30
7. ZAKLJUČAK.....	35
LITERATURA.....	37
POPIS SLIKA	38
POPIS TABLICA	39

1. UVOD

U prošlosti brodovi su bili izrađeni samo od drveta. Tada nije bilo problema u primjeni magnetskih kompasa u navigaciji na morima i oceanima. Prvi brod kompozitne gradnje (građen jednim dijelom od željeza, a drugim dijelom od drveta) bio je parobrod *Great Western* sagrađen 1838. [12]

Poslije su brodovi izgrađivani od još više željeza, pa čak gotovo isključivo od različitih vrsta željeza, koji imaju različita magnetska svojstva, tj. različite krivulje magnetske histereze. Zbog toga što je željezo feromagnetično, javljaju se veliki problemi u primjeni magnetskih kompasa na željeznim brodovima. Naime, sam brod u Zemljinu magnetskom polju postaje zbog magnetske indukcije magnet velikih dimenzija.

Kut između magnetskog meridijana i kompasnog meridijana na mjestu kompasa na brodu naziva se devijacijom magnetskoga kompasa. Nautičkim rječnikom rečeno, to je pogreška uzrokovana željeznom konstrukcijom zbog feromagnetičnog materijala broda.

Kako bi mjerenje i određivanje smjera kompasom bilo bolje i pouzdanije, poželjno je da devijacija magnetskoga kompasa bude što manja. Postupci kojima se ti zahtjevi ostvaruju nazivaju se kompenzacija magnetskoga kompasa. Kompenzacija je postupak kojim se neutralizira štetni utjecaj brodskog magnetizma na magnetski kompas. Postupkom kompenzacije neutraliziraju se inducirani polovi brodskog magnetizma, pojačava se smjerna sila i smanjuje ili poništava devijacija.

Nekompenzirani magnetski kompas praktično je neupotrebljiv, ne samo zbog izazvanih devijacija koje mogu biti vrlo velike, već i zbog činjenice da se značajno mijenjaju svojstva magnetskog kompasa.

Magnetski kompas treba biti postavljen na mjestu na kojem je utjecaj brodskog magnetskog polja najmanji te na mjestu odakle je moguće promatrati čitavi horizont. Najčešće se postavlja na krovu kormilarnice, a da ujedno bude dovoljno udaljen od željeznih masa.

Nakon uvoda, u drugom poglavlju prikazani su razvoj i osnovna obilježja magnetskog kompasa te su objašnjeni pojmovi magnetska devijacija i varijacija.

U trećem poglavlju objašnjen je pojam brodskog magnetizma te nastanak stalnog i promjenjivog brodskog magnetizma.

Četvrto poglavlje odnosi se na kompenzaciju magnetskog kompasa unutar koje se opisuje metoda poznatih koeficijenata i metoda nepoznatih koeficijenata.

U petom dijelu prikazan je postupak smanjivanja ili poništavanja magnetskog polja broda, tzv. demagnetizacija broda.

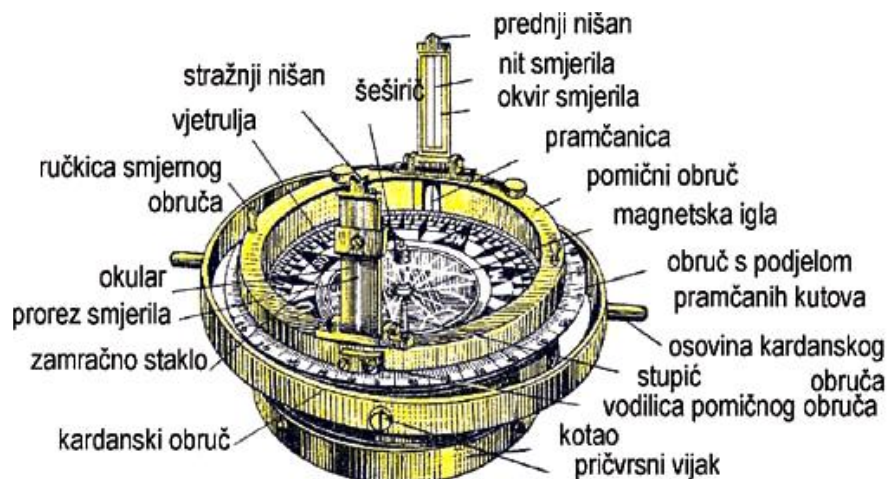
U šestom poglavlju pobliže je pojašnjeno postavljanje magnetskog kompasa, provjera ugradnje i sama ugradnja magnetskog kompasa na brod. Definiran je pojam smjerne sile te određivanje koeficijenta smjerne sile.

U zaključnom, sedmom dijelu, dan je prikaz cjelokupnog rada te su izneseni važniji dijelovi obrađene tematike.

2. MAGNETSKI KOMPAS

Magnetski kompas stari je kineski pronalazak, koji je prvi put izrađen vjerojatno za vladavine dinastije Qin (221. do 206. prije Krista). Primjećeno je da se magnet postavlja u određenom smjeru jer bi kineske gatare upotrebljavale magnet kako bi proricale budućnost. To je dovelo do izrade magnetskog kompasa, koji je postavljen na kamenu ili brončanu ploču, na kojoj su označene glavne točke za orijentaciju (sjever, jug, istok i zapad).

U 8. stoljeću magnetska igla bila je izrađena u obliku žlice čiji je držak pokazivao jug, a magnetski su kompasi postali uobičajeni na brodovima u Kini između 850. i 1050. U ranom 11. stoljeću magnetske igle bile su postavljene na plovcima na vodi. Poslije su se magnetske igle postavljale da vise na svilenim koncima ili da su podbočene s nekom osi. Tako su magnetski kompasi postali manjih dimenzija i prenosivi te prikladniji za navigaciju. Nakon 1551. magnetski kompas se stavlja u kardanski ležaj (slika 1.), te se prvi put koristi naziv magnetski kompas.[5]



Slika 1. Magnetski kompas u kardanovu ležaju [6]

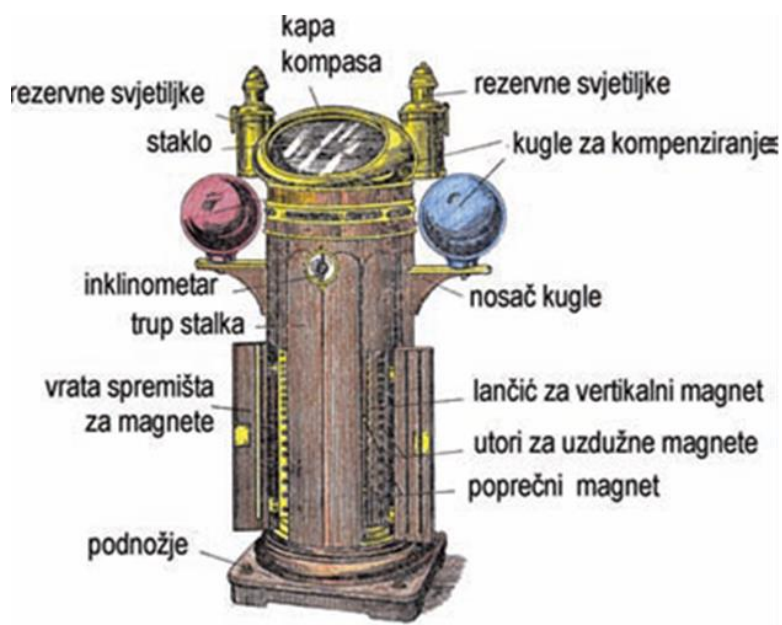
U 14. stoljeću pojavili su se magnetski kompasi kojima se igla oslanjala na vrh osovine i na njemu njihala, a podjela na rubu limba izražena je u lučnim stupnjevima 360° (prije se na rubove postavljala podjela od 12, 24 ili 32 točke.)

Današnji suhi magnetski kompas nastao je kad su talijani ispod magnetske igle postavljali latinsku ružu vjetrova od 12 vjetrova.[5]

Magnetski kompasi su vrlo jednostavna sredstva i stoljećima su bili jedini instrument za pokazivanje pravca meridijana. Za njihovo korištenje na brodu bitno je bilo poznavanje varijacije i devijacije. Postavljaju se na mjestu (obično na krovu kormilarnice) na kojem je uticaj brodskog magnetskog polja najmanji, te na mjestu odakle je moguće osmatrati čitavi obzor. Na brodu su pretežno bili u upotrebi suhi magnetski kompas a u posljednje vrijeme magnetski kompas s tekućinom.

Premda je danas većina brodova opremljena zvrčnim (gyro)-kompasom, propisi o sigurnosti plovidbe zahtijevaju da se magnetski kompas (kompenziran i s pripadajućom tablicom devijacija) koristi kao glavni brodski kompas.

Na slici 2. prikazan je magnetski kompas sa stalkom i kompenzatorima.



Slika 2. Magnetski kompas sa stalkom i kompenzatorima [1]

Za otklanjanje utjecaja brodskog magnetskog polja koriste se metode kompenzacije brodskoga magnetskoga kompasa i metoda demagnetizacije.

Kompenzaciju brodskog magnetskog kompasa obuhvaćaju postupci kojima se smanjuje ili poništava utjecaj određenog magnetskog polja broda na magnetsku ružu radi ujednačavanja smjerne sile (sila koja otklanja magnetsku iglu u pravcu magnetskog meridijana) u svim kursovima.

Metode kompenzacije osnovne su metode kojima se otklanja utjecaj brodskog magnetizma na brodski kompas, posebno kod većih brodova.[1]

Glavne greške magnetskog kompasa jesu devijacija i varijacija. Devijacija (δ) je kut između magnetskog meridijana na mjestu gdje se nalazi kompas na brodu i magnetske igle, odnosno kompasnog meridijana u datom momentu i položaju broda. Kompasni meridijan je presjek površine Zemlje vertikalnom ravninom koja prolazi kroz uzdužnu os magnetske igle kompasa na brodu. Devijacija se mjeri u pozitivnom smislu od 0° do 180° i negativnom od 0° do 180° s odgovarajućim predznakom.

Uzroci nastanka magnetske devijacije su djelovanje magnetskog polje broda (namagnetizirani dijelovi trupa) ili magnetskog polja nekog drugog vanjskog izvora (električni uređaji i instalacije na brodu, toplinski izvori, teret, radari, komunikacijski uređaji, itd.) Devijacija se utvrđuje postupkom kontrole devijacije. U terestričkoj navigaciji najpovoljnije je opažanjem pokrivenog smjera, a na otvorenom moru se vrši opažanjem nebeskih tijela te se dobivene vrijednosti unose u tablice devijacija.

Metode određivanja tablice devijacije[7]:

- pomoću pokrivenog smjera,
- pomoću poznatog azimuta udaljenog terestričkog objekta,
- pomoću nepoznatog azimuta udaljenog terestričkog objekta,
- pomoću poznatog azimuta nebeskog tijela,
- pomoću nepoznatog azimuta nebeskog tijela,
- pomoću zvrčnog kompasa.

Ovisno koje brodsko željezo (meko, tvrdo) uzrokuje devijaciju po glavnim osima broda (x, y, z) istu dijelimo na :

- polukružnu devijaciju,
- pravilnu kvadratalnu devijaciju,
- nepravilnu kvadratalnu devijaciju,
- devijaciju pri nagnutom brodu, te
- grešku nagiba.

U tablici 1. prikazano je mijenjanje devijacije pri promjeni kursa.

Tablica 1. – Mijenjanje devijacije pri promjeni kursa[13]

Kk	ϑ	Km		Kk	ϑ	Km
0°	– 4.0	356.0		180°	3.4	183.4
10°	– 3.2	006.8		190°	3.4	193.4
20°	– 2.3	017.7		200°	3.2	203.2
30°	– 1.6	028.4		210°	2.8	212.8
40°	– 0.9	039.1		220°	2.2	222.2
50°	– 0.4	049.6		230°	1.3	231.3
60°	0.0	060.0		240°	0.3	240.3
70°	0.2	070.2		250°	– 0.9	249.1
80°	0.4	080.4		260°	– 2.1	257.9
90°	0.6	090.6		270°	– 3.2	266.8
100°	0.8	100.8		280°	– 4.3	275.7
110°	1.0	111.0		290°	– 5.1	284.9
120°	1.3	121.3		300°	– 5.8	294.2
130°	1.6	131.6		310°	– 6.1	303.9
140°	2.0	142.0		320°	– 6.1	313.9
150°	2.4	152.4		330°	– 5.9	314.1
160°	2.8	162.8		340°	– 5.4	334.6
170°	3.1	173.1		350°	– 4.8	345.2
180°	3.4	183.4		360°	– 4.0	356.0

Magnetska varijacija (var) otklanja iglu magnetskog kompasa od meridijana pravog zbog utjecaja zemaljskog magnetizma.

Magnetske silnice koje okružuju Zemlju i spajaju sjeverni i južni magnetni pol zovu se magnetski meridijani. Kako se magnetski polovi Zemlje ne podudaraju sa pravima tako se ni magnetski meridijani ne poklapaju sa pravima. Kut što ga zatvara pravi meridijan sa meridijanom magnetskim zove se magnetska varijacija koja zbog nestalnosti magnetskih polova na svim područjima na Zemlji nije istog predznaka i intenziteta.

Varijacija može biti istočna "E"(+) ili zapadna "W" (-), i može imati godišnji porast ili opadanje. Rast je označen slovom "E" i ima predznak (+), a opadanje

slovom "W" i ima predznak (-). Varijacija naznačena na karti osim svoje vrijednosti ima navedenu i godinu kada je izmjerena, te njen godišnji rast odnosno opadanje.[3]

Varijacija se s vremenom mijenja, a njezine promjene mogu biti periodične i neperiodične. Periodične ili pravilne varijacije mogu biti stoljetne, godišnje i dnevne. Za navigaciju je najvažnija godišnja promjena varijacije (nalazi se na kartama).

Neperiodične promjene su kratkotrajne i imaju velike izmjene smjera i jačine magnetskog polja, a uzrokovane su magnetskim olujama.

3. BRODSKI MAGNETIZAM

Magnetskim poljem broda naziva se ukupno magnetsko polje, koje je nastalo indukcijom Zemljina magnetskog polja, a ono se sastoji od[1]:

- stalnoga brodskog magnetizma, te
- promjenjivoga brodskog magnetizma.

Pritom se može smatrati kao da je magnetsko polje broda sastavljeno od uzdužnog, poprečnog i vertikalnoga magnetizma.

Pod djelovanjem horizontalne komponente magnetskog polja Zemlje magnetska igla bi se trebala usmjeriti u magnetski meridijan no zbog induciranja magnetizma u željeznim masama broda tj. pod djelovanjem rezultirajućeg magnetskog polja u horizontalnoj ravnini, magnetska igla se ne usmjerava u meridijan magnetski već u meridijan kompasni. Vrijednost jačine horizontalne komponente rezultirajućeg magnetskog polja naziva se smjerna sila na mjestu kompasa. Ta sila rastavlja se na smjernu silu kompasa u magnetskom meridijanu te na devijatornu silu tj. silu koja otklanja magnetsku ružu iz magnetskog meridijana. Da bi kompas bio pozdan potrebno je da je smjerna sila što veća, a devijatorna sila što manja.

3.1. POSTANAK BRODSKOG MAGNETIZMA

Cijeli brod, pa tako i svaki njegov dio, nalazi se u Zemljinu magnetskom polju (slika 3.), koje je za njega vanjsko magnetsko polje. Različiti materijali od kojih je brod sastavljen različito međusobno djeluju s magnetskim poljem Zemlje.

To međusobno djelovanje ovisit će o strukturi i magnetskim svojstvima materijala, a mogu ga pojačati, oslabiti ili ne utjecati na njega. Radi lakšeg praćenja prikaza sve mase materijala od kojih je izgrađen brod prikazat će se u pojednostavljenom obliku kao štapovi. Veličina magnetske indukcije u vodoravnom brodskom željezu (B_H) izazvana Zemljinim magnetskim poljem može se izraziti jednadžbom:

$$B_H = \mu_a H \cos(K_m) \quad (1)$$

gdje je:

μ_a – apsolutna magnetska permeabilnost materijala (magnetska provodljivost),

H – vodoravna komponenta vektora jačine Zemljina magnetskog polja,

K_m – kut u vodoravnoj ravnini između magnetskih silnica i smjera kretanja broda, tj. magnetski kurs kretanja broda.

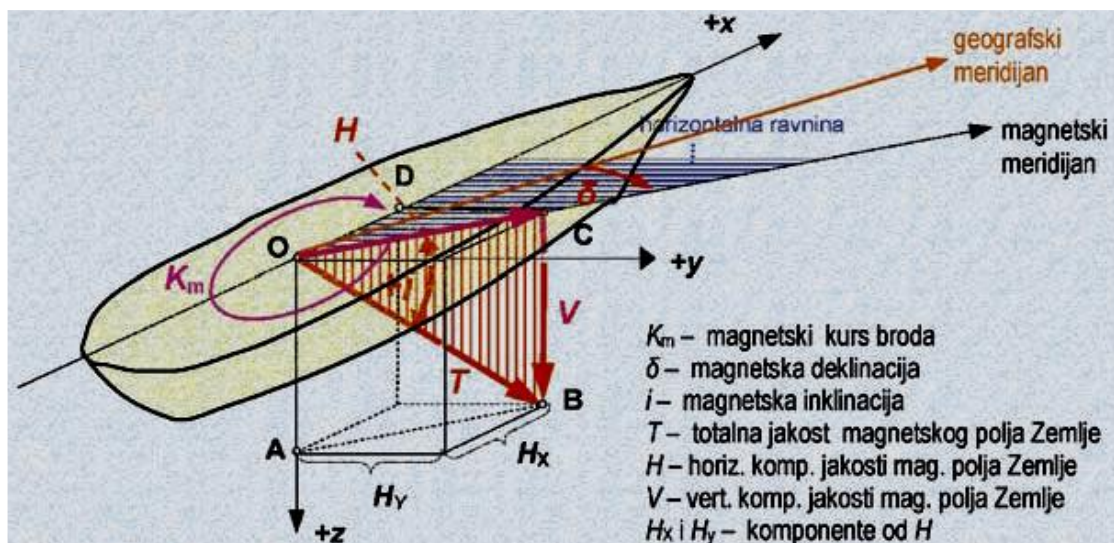
Veličina magnetske indukcije u vertikalnom brodskom željezu (B_v) izazvana Zemljinim magnetskim poljem može se izračunati iz slične jednadžbe, ali treba uzeti u obzir vertikalnu komponentu jačine Zemljina magnetskog polja koja je jednaka:

$$V = T \sin(i) \quad (2)$$

gdje je:

T – totalna jakost magnetskog polja Zemlje,

i – magnetska inklinacija.



Slika 3. Koordinatni sustav kompasa i ostale veličine vektora totalne jakosti Zemljina magnetskog polja [1]

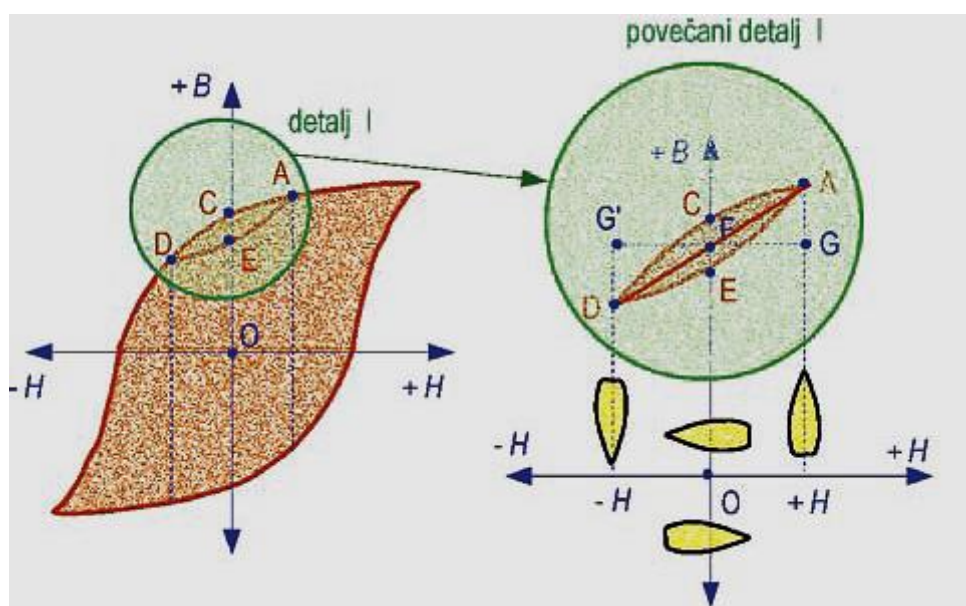
3.2. STALNI BRODSKI MAGNETIZAM

Stalni brodski magnetizam nastaje u brodskom tvrdom željezu zbog indukcije vektorom jačine Zemljina magnetskog polja (T), gotovo isključivo za

vrijeme gradnje broda. Naime, kada se željezni štap postavi u smjeru Zemljina magnetskog polja, onda se orijentacija mikro strukture u željezu postavi u smjer Zemljina magnetskog polja i takav komad željeza dobije svojstva praktički stalnih magneta. Samim time velika konstrukcija željeznog broda, za vrijeme gradnje dobije svojstva stalnih magneta.

Kako je koercitivna sila (H_c) tvrdog željeza znatno veća od inducirajuće sile Zemljina magnetskog polja, inducirani magnetizam nastao za vrijeme gradnje broda ostaje praktički trajno i nakon gradnje.

Brodski magnetizam nastao za vrijeme gradnje broda ne zadržava svoju vrijednost konstantnom, već se mijenja u malim granicama, kao što se vidi na slici 4., gdje je prikazana promjena magnetske indukcije u uzdužnom željezu tijekom plovidbe.



Slika 4. Promjena stalnoga brodskog magnetizma u uzdužnom brodskom željezu u ovisnosti o smjeru kretanja broda [1]

Zbog svega navedenog potrebno je izvršiti kompenzaciju. Kompenzacija je postupak kojim se, radi izjednačavanja smjerne sile kao i smanjivanja devijacije, smanjuje ili poništava utjecaj određenog magnetskog polja broda na magnetsku ružu.

Izazivanjem magnetskog polja kompenzira se utjecaj nekog dijela magnetskog polja broda, čiji je utjecaj na magnetskoj ruži iste jačine a suprotnog smjera. Tada izazvano kompenzirajuće magnetsko polje mora biti istog porijekla, a

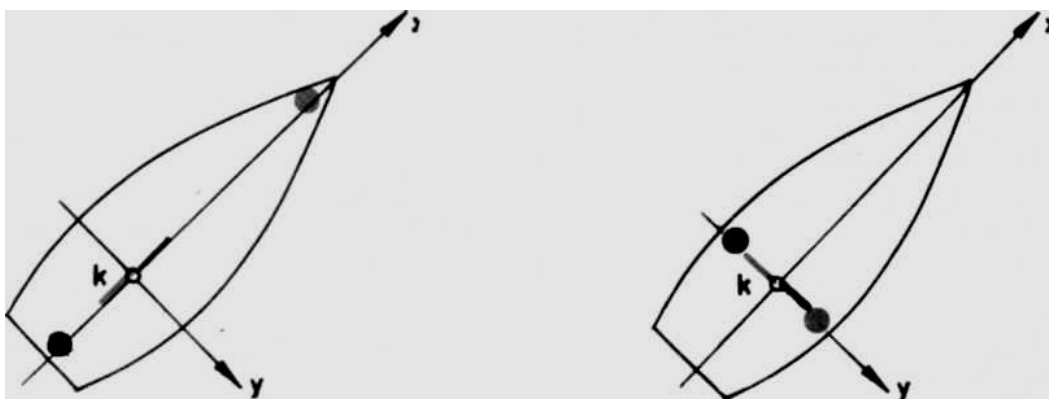
to znači da mora biti stalno ili promjenljivo, kao i razmatrani dio magnetskog polja broda.

Kompenzacija stalnog broskog magnetizma (komponente P i Q) čiji se utjecaj može predstaviti utjecajem stalnih magneta, s određenim polovima u odnosu na pramac (ili krmu) i desni (ili lijevi bok), koriste se stalni magneti postavljeni ispod magnetske ruže, ili u njejoj blizini, sa suprotno razmještenim polovima u odnosu na inducirani magnetizam.

Kako P komponenta djeluje u uzdužnici broda, to će se njen utjecaj kompenzirati uzdužnim magnetima (postavljenim ispod magnetske ruže u uzdužnici broda). Pri tome, ako je na pramcu formiran plavi pol (+ P komponenta), stalnim magnetom se ostvaruje

- P djelovanje, tj. uzdužni magnet se ispod magnetske ruže postavlja crvenim polom prema pramcu, odnosno plavi pol magneta prema pramcu u slučaju postojanja - P komponente.

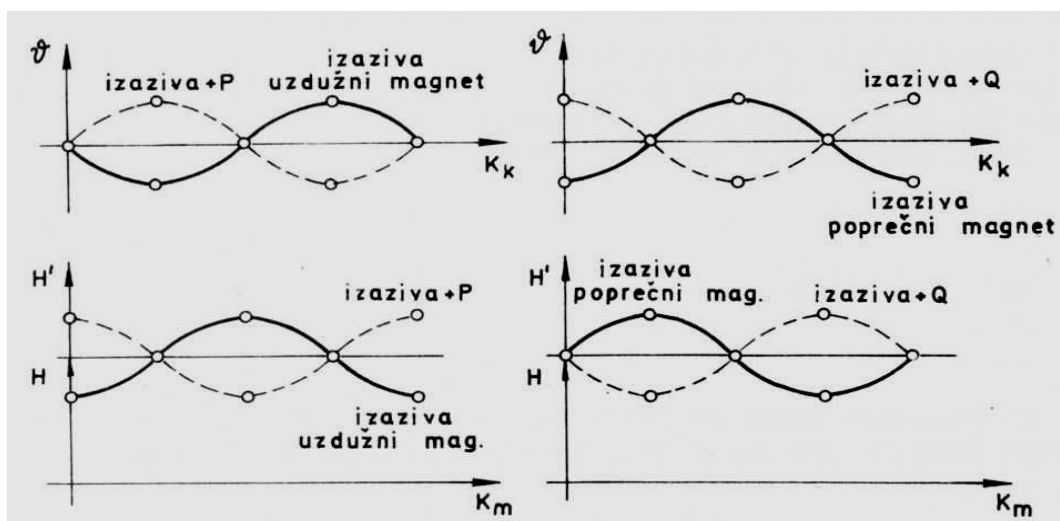
Na slici 5. prikazana je kompenzacija +P i +Q komponente.



Slika 5. Kompenzacija +P komponente (lijevo) i +Q komponente(desno) [14]

Komponenta Q se kompenzira analogno istim načelima stalnim magnetima, ali u poprečnoj osi broda. Pri tome ako je na desnom boku formiran pol +Q komponenta, stalni magnet treba da ostvari - Q djelovanje, a to znači da se ispod kompasa ulaže polom prema desnom boku i obrnuto. Ako je položaj i jačina stalnih magneta za kompenzaciju takav da po jačini ispoljava isto djelovanje na magnetsku ružu kao i komponente stalnog broskog magnetizma, postiglo se izjednačavanje smjerne sile u svim kursovima (a jednaka je vodoravnoj komponenti H). Time je poništena i devijacija (u svim kursovima je jednaka nuli), što znači da na magnetsku ružu djeluje samo magnetsko polje Zemlje.

Na slici 6. prikazana je krivulja devijacije i smjerne sile pri kompenzaciji stalnog brodskog magnetizma.



Slika 6. Krivulja devijacije i smjerne sile pri kompenzaciji stalnog brodskog magnetizma[14]

Vertikalna komponenta stalnog brodskog magnetizma (R) nema utjecaja na magnetski kompas sve dok brod ravno plovi, ali ako se brod nagne pol inducirane vertikalne komponente projicira se po strani, odnosno ispred ili iza kompasa i izaziva devijaciju. Budući da pri plovidbi nemirnim morem brod valja i posrće, pol vertikalne komponente stalnog brodskog magnetizma u odnosu prema kompasu mijenja svoj položaj i izaziva oscilacije magnetske igle. Te oscilacije mogu biti tolike da ponekad potpuno onemogućavaju upotrebu magnetskog kompasa zbog čega je kompenzacija vertikalne komponente stalnog brodskog magnetizma nužnost. Kompenzacija se izvodi posebnim postupkom uz pomoć Kelvinove vage. Kelvinova vaga predstavlja inklinacijsku iglu koja se postavi koso u odnosu prema ravnini horizontal te se s posebnim utezima dovede u horizontalni položaj i postavi se na mjesto kompasa. [14]

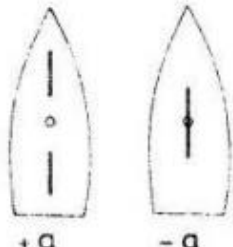
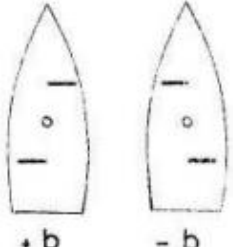
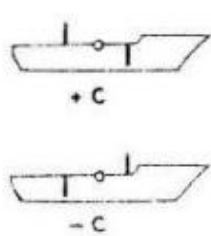
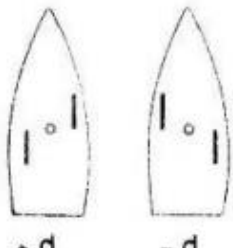
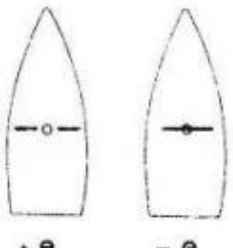
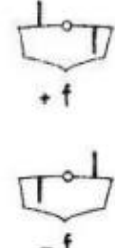
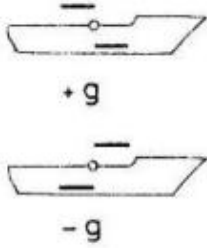
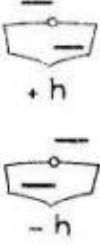
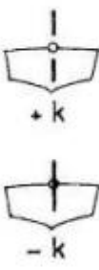
3.3. PROMJENJIVI BRODSKI MAGNETIZAM

Promjenjivi brodski magnetizam nastaje u brodskom željezu i mijenja se kod svake izmjene kursa broda, promjenom zemljopisnih širina, promjenom područja plovidbe, itd. Kao što se utjecaj magnetskog polja Zemlje rastavlja po

osima x, y, z (koordinatni sustav broda) tako će se i inducirani magnetizam u brodskom željezu (stalni i promjenjivi) rastaviti po tim istim osima.

Kompenzira se postavljanjem određenih mekih željeznih masa, na magnetskom kompasu to su obično D – korektori i Flindersova motka.[8]

Parametri promjenjivog brodskog magnetizma ovu se a, b, c, d, e, f, g, h, k (slika 7.) jer pokazuju odnos između induktivne snage mase mekog željeza, paralelnih koordinatnim osama i inducirajućih sila X, Y, Z.

	UZDUŽNI	POPREČNI	VERTIKALNI
DJELUJUJUĆA X OSI			
DJELUJUJUĆA Y OSI			
DJELUJUJUĆA Z OSI			

Slika 7. – parametri mekog željeza[1]

Svaki od parametara može biti pozitivan ili negativan ovisno o tome djeluje li mu aktivni pol u pozitivnom ili negativnom dijelu, odnosno koordinatne osi broda. Vrijednost parametra je stalna veličina koja ovisi o količini mekih željeza na brodu i o njihovom rasporedu.

Uzdužni parametri (a , d , g) leže u osi x ili paralelno njoj, a inducira ih uzdužna komponenta X .

Poprečni parametri (b , e , h) leže u poprečnoj osi y ili paralelno njoj, a inducira ih poprečna komponenta Y .

Vertikalni komponenti (c , f , k) leže u vertikalnoj osi z ili paralelno njoj, a inducira ih poprečna komponenta Z .

Na kompas parametri djeluju:

- a , b , c u uzdužnoj osi broda x
- d , e , f , u poprečnoj osi broda y
- g , h , z u vertikalnoj osi broda z . [3]

Parametar a predstavljaju kobilica, palube, uzdužna pojačanja broda, dijelovi stroja, kotlova, itd. Parametar e , koji je jačeg djelovanja od parametra a , su najčešće palube, sponje, polusponje. Parametar k , koji posebno djeluje pri nagnuću broda, su upore, uzdužne pregrade ispod ruže. Pod parameter c spadaju jarboli, dimnjaci i vertikalna željeza u uzdužnici broda. Parametar f , s obzirom na uzdužnu os, poništava djelovanje parametra f na suprotnoj strani zbog simetrične izgradnje broda. To su rebra, zračnici, bočni nosači samarica. Parametar g su osovine vijka, samarice, uzdužne pregrade koje nisu u simetrali broda, a parametri b , d , h općenito su rijetki kod trgovačkih brodova. Potrebno je razmotriti djelovanje parametara a , e , c , k kao najvažnijih, zatim parametara b , d , dok se djelovanje parametara h , g , f ne uzima u razmatranje. [16]

4. KOMPENZACIJA MAGNETSKOG KOMPASA

Kako bi mjerenje i određivanje smjera kompasom bilo bolje i pouzdanije, poželjno je da devijacija magnetskoga kompasa bude što manja.

Postupci kojima se ti zahtjevi ostvaruju nazivaju se kompenzacija magnetskoga kompasa.

Kompenzacija magnetnog kompasa je radnja kojom se što je to moguće više poništava negativan utjecaj brodskog magnetizma nastalog tijekom gradnje broda (na brodici od drva, stakloplastike ili drugog ne magnetnog materijala i bez opreme koja ima feromagnetne osobine nema devijacije).

Svako magnetsko polje broda načelno se kompenzira magnetskim poljem, istoga djelovanja po jačini, ali suprotnog smjera. Kompenzacija stalnoga brodskog magnetizma može se ostvariti s pomoću stalnih (permanentnih) magneta, koji se postave ispod magnetske igle sa suprotno razmještenim polovima.

Pritom[1]:

- za poništenje uzdužne komponente stalnoga brodskog magnetizma stalni magnet se postavlja uzduž broda,
- za poništenje poprečne komponente stalnoga brodskog magnetizma stalni magnet se postavlja poprijeko na brod,
- za poništenje utjecaja nagiba broda služi nagibni korektor, koji kompenzira vertikalnu komponentu stalnoga brodskog magnetizma (odnosno nagibne pogreške).

Kompenzaciju brodskog magnetskog kompasa moguće je izvršiti sljedećim metodama[1]:

- metodom poznatih koeficijenata,
- metodom nepoznatih koeficijenata,
- pomoću deflektora,
- metodom u jednom kursu.

Prvi korak u postupku kompenzacije je odabir dobro uočljivih pokrivenih magnetskih smjerova.

Kao korektore pri kompenzaciji magnetskog kompasa koriste se[1]:

- **uzdužni magneti**, koji kompenziraju uzdužnu komponentu P stalnog brodskog magnetizma (kompenzira koeficijent B_1),
- **poprečni magneti**, koji kompenziraju poprečnu komponentu Q stalnog brodskog magnetizma (kompenzira koeficijent C_1),
- **nagibni korektori** - stalni magneti u vertikalnoj osi, koji kompenziraju vertikalnu komponentu R stalnog brodskog magnetizma (kompenzira dio nagibne greške),
- **D-korektori** (meko željezo), koji kompenziraju dio promjenljivog brodskog magnetizma izazvanog parametrima a , b , c i d , te dio nagibne greške izazvane parametrom k (kompenzira koeficijente D i E), te
- **Flindersova motka** (meko vertikalno željezo), koja kompenzira dio promjenljivog brodskog magnetizma izazvanog u vertikalnom nesimetričnom željezu tj. parametrima c , f i k (kompenzira koeficijente B_2 i C_2).

Pri prvoj kompenzaciji na kompasu moraju biti postavljene kugle D-korektora, Flindersova motka i nagibni korektori. Pri dekompenzaciji moraju biti postavljeni uzdužni i poprečni magneti na ranije postavljenim mjestima. Ovo je potrebno zbog toga što se u Flindersovoj motci i D-korektorima vrši indukcija od magneta nagibnog korektora i od magnetskih igala koje utječu na devijaciju.

Uzdužne i poprečne magnete treba postavljati što niže.

Nakon kompenzacije mora se odrediti devijacija brodskoga kompasa i sastaviti tablica njegovih devijacije za svakih 10° kursa broda, ali to nije uvijek slučaj.

Devijacija magnetskoga kompasa nije stalna veličina, već se mijenja u ovisnosti o djelovanju različitih uzroka na brodsko željezo. Zato se devijacija magnetskoga kompasa mora kontrolirati u svakom novom kursu broda, a barem jednom tijekom straže, ako brod plovi u istom smjeru.[1]

4.1. KOMPENZACIJA NAGIBNE POGREŠKE

Kad se broj nagne na kompas djeluje vertikalna komponenta stalnog brodskog magnetizma, a osim vertikalne komponente stalnog brodskog magnetizma devijaciju izazivaju i meka željeza.

Devijacija nastala nagibom broda zove se nagibna pogreška i vrlo je neugodna jer izaziva oscilacije magnetske igle. Promjene devijacije nastaju zbog promjene sila u poprečnoj osi broda što znači da ju izaziva vertikalna (R) i poprečna (Q) komponenta stalnog brodskog magnetizma, te parametri k i e promjenjivog brodskog magnetizma. Stalnim magnetima u vertikalnoj osi broda kompenzira se vertikalna komponenta R . Utjecaj parametara k i e kompenzira se korektorima mekog željeza. D-korektori kompenziraju utjecaj parametra e , ali i djelomično parametar k koji se do kraja kompenzira Flindersovom motkom. Za kompenzaciju vertikalne komponente R preostaje odrediti visinu nagibnog korektora (uzdužni, poprečni i vertikalni magneti), a to se radi uz pomoć Kelvinove vage.

Kelvinova vaga stabilizira se na kopnu. Bez utjecaja brodskog magnetizma Kelvinova vaga postavi se u smjeru magnetskih silnica, tako da se njezina inklinacijska igla postavi koso u odnosu prema ravnini horizonta. Posebnim utezima dovede se u horizontalni položaj i tako stabilizirana donese se na brod te postavi na mjesto kompasa.

Kad ne bi bilo utjecaja vertikalne komponente inklinacijska igla ostala bi vodoravna, a pod utjecajem vertikalne komponente stalnog brodskog magnetizma ona se ponovo postavi koso u odnosu na horizont.

U vodoravan položaj dovede se vertikalnim stalnim magnetom (nagibni korektor) i na takav način kompenzira se utjecaj vertikalne komponente stalnog brodskog magnetizma.

Zbog jačanja horizontalne komponente zemaljskog magnetizma ako se plovi prema magnetskom ekvatoru utjecaj vertikalne komponente postaje sve manji, pa bi nagibni korektor trebalo spuštati. U praksi se to ne radi.[4]

4.2. KOMPENZACIJA METODOM POZNATIH KOEFICIJENATA

Na jedan od poznatih načina odredi se devijacija magnetskog kompasa u kardinalnim i interkardinalnim kursovima. Na osnovu tako određenih devijacija

izračunaju se koeficijenti A, B, C, D i E. Vrijednosti koeficijenata kompenziraju se u kursu kompasnom u kojem se pojavljuju maksimalne devijacije izazvane komponentama i parametrima koje uzrokuju koeficijente. Za vrijeme kompenzacije svakog koeficijenta brod se postavlja u Kk prema magnetskom kompasu koji kompenziramo, a dalje se održava u tom kursu prema žiro-kompasu ili objektu na obali.

Koeficijent B kompenzira se uzdužnim magnetima u Kk = 090° (ili 270°). Ako je koeficijent B pozitivan, magneti se u stalak kompasa ulažu crvenim polom prema pramcu, tako da otklanjaju magnetsku ružu u lijevu stranu, (kurs se povećava). Magnete treba ulagati od najnižih položaja dok se ruža ne otkloni za vrijednost koeficijenta B.

Kako je vrijednost $\sin Kk$ od 090° ili (090° $\pm B$) približno jednaka jedinici, brod se može postaviti u Kk = 090°-($\pm B$), a uzdužnim magnetima dovesti da kompas pokazuje Kk=090°.

Ako postoji mogućnost rastavljanja B koeficijenta na B1 i B2, ovim postupkom kompenzirati samo koeficijent B1, a koeficijent B2 kompenzirati Flindersovom motkom (meko vertikalno željezo, kompenzira dio promjenjivoga brodskog magnetizma koji je izazvan u vertikalnom nesimetričnom željezu), dodajući ili oduzimajući valjke mekog željeza.

Koeficijent C se kompenzira poprečnim magnetima u Kk = 000° (ili 180°). Ako je koeficijent C pozitivan, magneti se ulažu u poprečnu os kompasa crvenim polom ka desnom boku, tj. zakreću magnetsku ružu u lijevu stranu. Pri tome, čitanja Kk rastu sve dok se ne poništi vrijednost koeficijenta C.

Koeficijent D kompenzira se u jednom od interkardinalnih kursova. Ako je koeficijent D pozitivan, kugle D-korektora (načinjeni su od mekog željeza, koji kompenziraju magnetizam mekog željeza izazvan u uzdužnom i poprečnom vodoravnom željezu, te dio nagibne greške izazvane određenim parametrom) treba približavati kompasu dok se ne poništi vrijednost D koeficijenta i obratno.

Ako se pri maksimalno udaljenim kuglama (u slučaju da je D koeficijent negativan) ne može kompenzirati - D° koeficijent, kugle D-korektora treba postaviti u uzdužnoj osi broda.

Koeficijent E kompenzira se u jednom od kardinalnih kursova, ako za to postoji mogućnost (treba zakretati D-korektore).

Koeficijent A kompenzira se ako je veći od 1° . Ako na kompasu postoji mogućnost kompenziranja koeficijenta E (zakretanje D-korektora), treba razdvojiti koeficijent A na dio izazvan mehaničkim uzrocima A1 i dio izazvan magnetskim uzrocima A2. Tada se koeficijent A1 kompenzira zakretanjem stalka kompasa.

Ako ne postoji mogućnost zakretanja D-korektora, kompenzira se čitava vrijednost koeficijenta A zakretanjem stalka kompasa. Ako je koeficijent A pozitivan, stalak kompasa se zakreće u desnu stranu za čitavu vrijednost A i obratno. Zakreće se otpuštanjem učvršćnih vijaka na stalku. Koeficijent A kompenzira se u bilo kojem kursu.[3]

4.3. KOMPENZACIJA METODOM NEPOZNATIH KOEFICIJENATA

Kompenzacija magnetskog kompasa ovom metodom obavlja se na poligonu za kompenzaciju koji se grade u blizini brodogradilišta, većih luka ili remontnih zavoda. Poligon ima umjetno postavljene oznake pokrivenih kardinalnih i interkardinalnih magnetskih smjerova. Vrijednost magnetskih smjerova se lagano mijenja zbog promjene varijacije, ali je za praksu dovoljno ako je točnost pokrivenih smjerova magnetskih $\pm 3^\circ$.

Koeficijenti, a time i devijacija magnetskog kompasa su nepoznati, ali se kompenzacija započinje većim koeficijentom B ili C približno poznatim od ranije, ili na osnovi kursa gradnje broda, ako je poznat. Najčešće se primjenjuje za rekompenciaciju kompasa.

Koeficijent B se kompenzira uzdužnim magnetima u plovidbi brodom po pokrivenom smjeru u $K_m = 090^\circ$. Nakon što je brod točno ušao u pokriveni smjer, kompas će pokazivati kurs kompasn različit od 90° . Tu razliku treba poništiti uzdužnim magnetima (crvenim polom prema pramcu ako je $K_k < 090^\circ$ i obrnuto).

Kako se u tom kursu ($K_k = 090^\circ$) pojavljuje pored B koeficijenta i stalna devijacija A i koeficijent E, potrebno je brodom okrenuti u protukurs, tj. u isti pokriveni smjer, ali u $K_m = 270^\circ$. Tada će kompas pokazivati K_k različit od 270° .

Razliku treba smanjiti u pola koristeći uzdužne magnetite, koji su već smješteni u kompasu ili dodavanjem novih. Time je poništena prethodna kompenzacija koeficijenta A i E koji se ne smiju kompenzirati stalnim magnetima.

Kompenziranje C koeficijenta izvršava se poprečnim magnetima u pokrivenom smjeru $K_m = 0^\circ$. Pri plovidbi u tom pokrivenom smjeru kompas će

pokazivati K_k različit od nule. Tu razliku treba u potpunosti ukloniti poprečnim magnetima (ako je $K_k < 360^\circ$, crvenim polom prema desnom boku i obrnuto). Kako se u tom kursu ($K_k = 000^\circ$) pojavljuju pored C i A i E koeficijent, brod treba okrenuti u protukurs, tj. isti pokriveni smjer, ali u $K_m = 180^\circ$. U tom kursu kompas pokazuje kurs kompasni različit od 180° . Nastala razlika se kompenzira za polovinu vrijednosti, a tim poništava prethodno izvršena kompenzacija A i E koeficijenata. Koeficijent D se kompenzira u interkardinalnom pokrivenom smjeru ($K_m = 045^\circ$). Cjelokupna devijacija u tom kursu se poništava pomicanjem kugle D-korektora.

Kako se na taj način kompenzirao i koeficijent A, kao i zaostale vrijednosti B i C koeficijenata, brodom se okreće u susjedni interkardinalni pokriveni smjer ($K_m = 135^\circ$ ili 315°) i D-korektorima se poništava polovina nastale devijacije. Brod se postavlja u susjedni interkardinalni pokriveni smjer (nikako u protukurs) jer je riječ o pravilnoj kvadrantalnoj devijaciji.

Ovim načinom se ne mogu kompenzirati koeficijenti A i E ako nisu poznati od ranije, a s obzirom na njihove male vrijednosti, to nema većeg značaja.[3]

5. DEMAGNETIZACIJA BRODA

Demagnetizacija je postupak i metoda kojom se smanjuje ili poništava magnetsko polje broda.

Razmagnetiranje broda je kratkotrajno djelovanje jakog vanjskog elektromagnetskog polja na tvrdo brodsko željezo radi smanjenja stalnog broskog magnetizma. Izvodi se tako da se materijal podvrgava magnetskomu polju, počevši od snažnoga magnetskoga polja (zasićenja), postupnim slabljenjem sve do nulte vrijednosti.

Koristi se za brisanje podataka s magnetskih medija. Demagnetizacija broda naziva se još i degausacija. [9]

Na slici 8. prikazana je baza za demagnetizaciju brodova na Marjanu.



Slika 8. Baza za demagnetizaciju brodova na Marjanu [10]

Postupak demagnetizacije stalnog broskog magnetizma sastoji se od tri etape. U prvoj etapi vrši se premagnetizacija, odnosno kroz kablove se propušta snažan impuls određenog trajanja koji izaziva premagnetizaciju u tvrdom željezu. Nakon impulsa premagnetiziranja kroz kablove se propušta jedan ili više impulsa za kompenzaciju, odnosno propušta se istosmjerna struja suprotnog smjera jakosti $1/3$ od struje premagnetizacije.

Nakon kompenzacije slijedi treća etapa – stabilizacija. Stabilizacija se odvija na način da 3 do 6 slabih izmjeničnih impulsa inducirani magnetizam u tvrdom željezu ustaljuju na vrijednost blisku nuli.

Demagnetizacija promjenljivog broskog magnetizma može se obaviti samo kompenzacijom promjenljivog broskog magnetizma te je mnogo složenija za razliku od demagnetizacije stalnog broskog magnetizma. Postoje kompasi koji umjesto magneta imaju zavojnice kroz koje se pušta struja u cilju smanjenja magnetskog polja broda. Načelno se uzdužna, poprečna i vertikalna komponenta promjenljivog broskog magnetizma kompenziraju strujom kroz kablove koja će se mijenjati proporcionalno promjenama inducirajućih sila, ali takvog smjera da je stvoreno elektromagnetsko polje iste jačine i suprotnog smjera u odnosu na promjenljivi brodski magnetizam.

6. POSTAVLJANJE MAGNETSKOG KOMPASA

Magnetski kompas postavlja se na mjestu (obično na krovu kormilarnice) na kojem je utjecaj brodskog magnetskog polja najmanji te na mjestu odakle je moguće promatrati čitavi horizont.

6.1. UGRADNJA I PROVJERA MAGNETSKOG KOMPASA

Pri instalaciji magnetskog kompasa na brod veliku pažnju potrebno je posvetiti izboru mjesta na koje će se postaviti glavni kompas, a temeljni zahtjevi koje izabrano mjesto mora ispunjavati su [3]:

- pouzdanost kompasa u radu (osigurava se izborom najpovoljnijih magnetskih i dinamičkih uvjeta i temperaturnog režima i vlažnosti),
- lako korištenje i jednostavno održavanje kompasa.

Opremanje broda magnetskim kompasima vrši se prema planu opreme za određeni tip odnosno vrstu broda, kojim se utvrđuje tip kompasa i mjesto ugradnje. Izbor tipa kompasa vrši se prema njihovoj namjeni, raspoloživom prostoru, magnetskim uvjetima na mjestu postavljanja i veličini broda.

Magnetski kompas ugrađuje se uvijek tako da natpis (oznaka tipa i tvornice) i libela budu okrenuti prema krmu broda. Poslije svake ugradnje zapovjednik je dužan izvršiti provjeru ugradnje u odnosu na [2]:

- uzdužnicu broda,
- uzdužnu os kompasa,
- okomitu os kompasa,
- spoj stalka sa palubom.

Provjera kompasa u odnosu na uzdužnicu broda vrši se [2]:

- grubim smjeranjem preko smjernog aparata kompasa pramčanog i krmenog koplja (0° i 180°). Gdje to nije moguće, smjeraju se neki drugi dijelovi broda u uzdužnici, a ako i to nije moguće postavljaju se okomite oznake na kopnu (dubinomjerne čaklje i sl.) u produženju uzdužnice po pramcu i krmu, na koje se vrši smjeranje

- za kompase u zatvorenim prostorijama (kormilarnicama) provjera se vrši mjerenjem udaljenosti sredine kompasa (klobuk kotla) od lijeve i desne strane simetrično građene prostorije. Ovo se također sa dovoljnom točnošću može primijeniti i na ostale kompase.

Utvrđeno odstupanje središta kompasa od uzdužnice broda poništava se bočnim pomicanjem stalka za tu vrijednost.

Provjera kompasa u odnosu na uzdužnu os vrši se na slijedeći način[2]:

- brod treba vezati uz obalu sa dobro nategnutim konopima,
- sa drugog provjerenog brodskog magnetnog ili žiro-kompasa odredi se pramčani kut (L) na izabrani daleki objekt (najpovoljnije je nebesko tijelo).

Najmanja daljina terestričkog objekta od magnetskog kompasa određuje se formulom [2]:

$$D_{\min} = 0,1 + \frac{(x \sin L - y \cos L)}{3} \quad (2)$$

gdje je:

D_{\min} u morskim miljama, pri čemu su x i y koordinate kompasa u metrima, dobivene sa nacrtu broda.

Ishodište sustava je pozicija kompasa. Koordinata x računa se duž uzdužnice broda, i to + (plus) prema pramcu, a – (minus) prema krmi, a koordinata y po boku, i to + (plus) prema desnom, a – (minus) prema lijevom;

- ovako određeni pramčani kut postavlja se na smjerni aparat kompasa koji se provjerava. Uočena razlika između pramčanog kuta (L) ova dva kompasa poništava se pažljivim okretanjem kompasnog stalka oko njegove okomite osi. Ako su na podnožju stalka duguljaste rupe, a odstupanje je manje, onda se poništavanje razlike vrši popuštanjem svornjaka, zakretanjem stalka za određenu vrijednost i ponovnim učvršćenjem. Kada je odstupanje veće, ili ako podnožje stalka nema duguljastih rupa, poništavanje razlike vrši se vađenjem svornjaka, zakretanjem stalka za određenu vrijednost, a zatim se poslije označavanja načina nove rupe na palubi i učvrsti.

Odstupanje osi od uzdužnice broda, ovisno o tipu kompasa, ne smije biti veće od $+0,2^\circ$ do $\pm 0,5^\circ$ i ono se unosi u Tehničku knjižicu kompasa.

Okomitost stalka provjerava se međusobnim uspoređivanjem broskog inklinometra i inklinometra na stalku kompasa. Ako na stalku nema inklinometra ova se kontrola vrši prijenosnom libelom ili pomoću viska. Ispravljanje postojeće greške vrši se podmetanjem podloška, potrebne daljine, pod desnu ili lijevu stranu.

Kod provjere spoja stalka kompasa sa palubom treba ustanoviti da li je debljina podloške dovoljna da osigura čvrstoću spoja i dosta otporna da ne dođe do njenog pucanja.

Zatim je potrebno prekontrolirati da li ispod palube, na kojoj je podloška, prolaze električni kablovi, te dali katransko platno između podloške i palube, osigurava nepromočivi spoj. Na motornim brodovima ispod drvene podloške umeće se još i podloga tvrde gume debljine oko 5mm radi umanjivanja prijenosa vibracija broskog trupa na stalak kompasa. Za čamčane kompase koji se pričvršćuju na drvenu podlogu (klupu, preboj, stol i sl.), dovoljna je samo gumena podloška debljine oko 5mm.

Nakon izvršenja svih provjera ugradnje magnetskog kompasa (prvog ili svakog slijedećeg) treba još provjeriti vrijednost koeficijenta A. Dozvoljeno odstupanje, ovisno od veličine i namjene kompasa, može iznositi do $\pm 0,50^\circ$. U protivnom provjera se ponavlja.[2]

6.2. POSTAVLJANJE MAGNETSKOG KOMPASA NA RAZNIM TIPOVIMA BRODOVA

Na većini velikih trgovačkih brodova standardni kompas postavljen je na "*Monkey Island*" (slika 9.), tj. iznad kormilarnice. Obično se gleda s kormila preko vidljive cijevi, slično periskopu. Postavljanje na najvišu palubu čuva magnetski kompas od magnetske smetnje. [15]

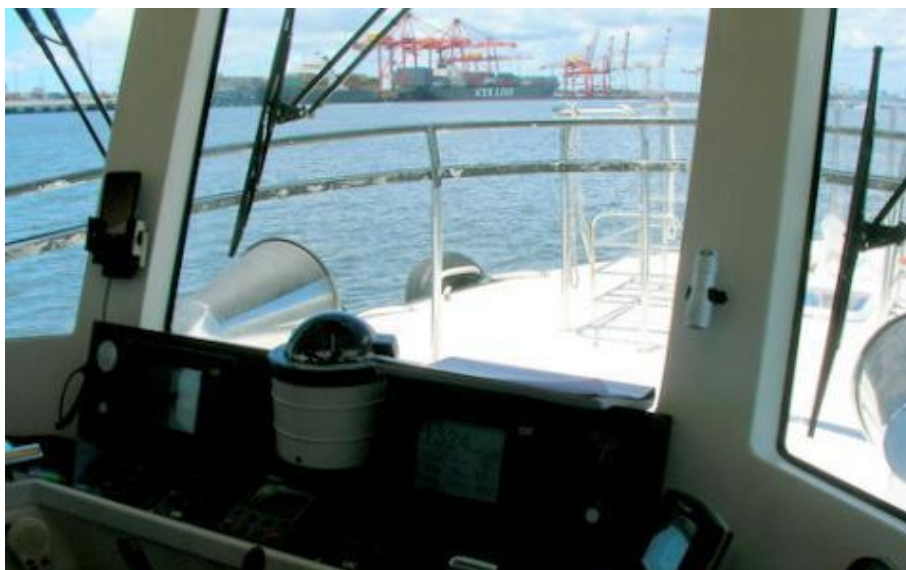
Na određenim plovilima, kao što su nosači zrakoplova, neke ribarske brodove i neke moderne kontejnerske brodove s uskim dijelom za nadgrađe, kompas je izmaknut sa uzdužnice broda, što može stvoriti zanimljive izazove za podešivače kompasa.



Slika 9. Instalacija kompasa na "Monkey Island" na uzdužnicu broda [15]

Na malim plovilima kompas se obično nalazi ispred kormila (slika 10.). Treba voditi računa da kompas bude ugrađen dovoljno daleko od konstrukcijskih elemenata, opreme i instrumenata kao što su radio, zvučnici, brojači okretaja motora, itd. Takvi uređaji mogu proizvesti jaka magnetska polja. Nekoliko centimetara razdaljine ponekad može znatno utjecati na veličinu odstupanja.

Kompas bi trebao biti instaliran tako da se lako može očitavati sa kormilarskog mjesta te da je dostupan za podešavanje. Mnogo suvremenih brodova, osobito luksuznih motornih jahti, nisu dizajnirane u skladu s tim zahtjevom.



Slika 10. Instalacija magnetskog kompasa u neposrednoj blizini elektroničkih uređaja [15]

Neka plovila imaju kompas ugrađen iznad glave, na stropu kormilarnice (slika 11.). Ovako ugrađen magnetski kompas ima očiglednu prednost u tome što ga je lako očitavati budući da je u blizini razine očiju. Također se nalazi daleko od mnogih uređaja koja mogu proizvesti jaka magnetska polja.

Sva pričvrсна mjesta koja se koriste za instalaciju kompasa trebaju biti od nemagnetskih materijala.



Slika 11. Kompas ugrađen na strop kormilarnice [15]

6.3. SOLAS ZAHTJEVI ZA POSTAVLJANJE MAGNETSKOG KOMPASA

Zahtjevi za postavljanje magnetskog kompasa koje je definirao SOLAS dani su u nastavku[11].

- Standardni magnetski kompas bi trebao, gdje je to moguće, postavljen tako da udaljenost od magnetskog materijala broda (vertikalnog željeza, pokretnih željeznih masa, elektromotora, toplinskih strojeva itd.) bude što veća. Iako bi to moglo biti teško postići u odnosu na prednji kraj mosta ili palube kompasa, najveću, razumnu udaljenost, bi trebalo postići s npr. podizanjem kućišta kompasa na platformu. Svaki magnetski materijal koji se nalazi u blizini kompasa treba se postaviti simetrično u odnosu na kompas (slika 12.).
- Kod brodova neuobičajenog dizajna, brodova posebne namjene te kod nekih malih brodova, odvajanje magnetskog kompasa od magnetskog materijala broda može biti nepraktično. Kod takvih brodova u fazi projektiranja treba uzeti u obzir taj problem te predvidjeti moguća praktična rješenja, primjerice uporaba nemagnetskog materijala, s ciljem da se minimizira učinak brodske strukture na magnetski kompas.
- U slučajevima kada su jedini položaji dostupni za postavljanje standardnog kompasa takvi da, nakon što su poduzeti sve razumni koraci za razdvajanje magnetskog kompasa od magnetskog materijala, postoje značajne sumnje o adekvatnosti razdvajanja, vlasnik broda se može obavijestiti da će razmještaj za predmetni kompas biti prihvaćen nakon pregleda performansi kompasa. Kako bi se pregled mogao izvršiti, potrebno je poduzeti sljedeće mjere koje dostavljaju kao preporuke iz SOLAS-a u skladu sa tehničkim pravilima:
 - a) Kopija devijacije magnetskog kompasa nakon svakog podešavanja kompasa.
 - b) Uzorci odstupanja u rasponu zemljopisnih širina, staza i datuma, koji se protežu tijekom razdoblja od šest mjeseci od datuma prve kompasne prilagodbe, dovoljni za cjelovitu ocjenu opće izvedbe kompasa.
 - c) Izjava zapovjednika broda o njegovom mišljenju o standardnoj izvedbi kompasa tijekom šestomjesečnog razdoblja opisanog u točki

*(b), uz komentare npr. jesu li relevantni ispravci prilagođeni za geografsku širinu, itd.

- Usklađivanje standarda ISO 694R* - *Položaj magnetskog kompasa na brodovima*.
- Kod brodova kraćih od 60 metara koji plove po otprilike istoj zemljopisnoj širini, udaljenost kompasa od magnetskih materijala broda može se smanjiti.



Slika 12. Magnetski kompas na brodu [6]

Kompas treba postaviti u uzdužnici broda kako bi željezne mase bile simetrično raspoređene. Također, ovime se postiže i smanjenje utjecaja ubrzanja pri promjenama kursa, brzine, vremenskih prilika (dinamički utjecaji).

Smanjenje utjecaja vibracija postiže se izborom mjesta gdje su vibracije najmanje.

Udaljenost između dva magnetska kompasa treba odrediti ispitivanjem međusobnog utjecaja prije konačnog određivanja mjesta montiranja.

Potrebno je voditi računa o utjecaju temperature i vlažnosti. Temperatura utječe na gustoću tekućine, što smanjuje osjetljivost (može se i smrznuti). Vlažnost povećava koroziju i otežava održavanje. Temperatura i vlažnost utječu i na rad dijelova za prijenos podataka.

Vrlo važno je voditi računa i o preglednosti. S mjesta glavnog kompasa mora biti vidljiv cijeli horizont ili njegov veći dio radi opažanja objekata. Kormilarski kompas zahtijeva lako očitavanje i kontrolu kursa bez zamaranja očiju. Također,

* ISO 694R - daje zahtjeve glede konstrukcije i postavljanja brodskih magnetskih kompasa za navigaciju { <https://www.iso.org/standard/43301.html> }

treba biti omogućen jednostavan pristup dijelovima radi održavanja. Kako su uvjeti za pravilan izbor mjesta kompasa mnogobrojni, izbor je u pravilu kompromisno rješenje. Ipak, magnetski uvjeti respektiraju se u najvećoj mjeri u okviru prostornih mogućnosti i namjene broda. Utvrđivanje magnetskih utjecaja vrši se ispitivanjem magnetskog polja broda i određivanja utjecaja feromagnetskih masa i elektroopreme broda.

Postavljeni kompasi se ispituju u luci i u plovidbi. U luci se provjerava kompletnost kompasa, ispravnost montaže i pravilnost električnih spojeva, a u plovidbi se određivanje devijacija i sastavlja tablica devijacije. Tehničkim pravilom za svaki magnetski kompas propisane su radnje za održavanje i kontrolu ispravnosti rada njegovih dijelova.[3]

6.4. SMJERNA SILA

Smjerna sila je ona sila koja drži iglu u pravcu magnetskog meridijana na kopnu ili kompasnog meridijana na brodu. Na kopnu je smjerna sila jednaka horizontalnoj komponenti Zemaljskog magnetizma i ne mijenja se, dok na brodu slabi ili ojačava brodski magnetizam.

Smjerna sila na brodu uzima se kao aritmetička sredina smjernih sila u svim kursovima i uvijek je manja od horizontalne komponente zemaljskog magnetizma.

Ako brod plovi na ravnoj kobilici, na kompas će uglavnom djelovati sile P , Q , $c \cdot V$, $a \cdot H \cos K_m$ i $e \cdot H \sin K_m$. [4]

gdje su:

- P – uzdužna komponenta stalnog brodskog magnetizma,
- Q – poprečna komponenta stalnog brodskog magnetizma,
- $c \cdot V$ – vertikalni parametar promjenjivog brodskog magnetizma,
- H – vodoravna komponenta Zemljina magnetskog polja,
- K_m – Kurs magnetski.

Ako su navedene sile pozitivne, opće jednadžbe smjerne sile za 4 kardinalna magnetska kursa bi će [4]:

$$- \text{ smjerna sila za } K_m=N: H' = H + P + a \cdot H + c \cdot V \quad (3)$$

$$- \text{ smjerna sila za } K_m=E: H' = H - Q + e \cdot H \quad (4)$$

$$- \text{ smjerna sila za } K_m=S: H' = H - P + a \cdot H - c \cdot V \quad (5)$$

– smjerna sila za $K_m=W$: $H' = H + Q + e \cdot H$ (6)

Slijedi: $4H' = 4H + 2 \cdot a \cdot H + 2 \cdot e \cdot H$ (7)

Srednja smjerna sila: $H'_{sr} = \frac{4H}{4} + \frac{2 \cdot a \cdot H}{4} + \frac{2 \cdot e \cdot H}{4}$ (8)

$$H'_{sr} = H + \frac{a \cdot H}{2} + \frac{e \cdot H}{2} \quad (9)$$

$$H'_{sr} = H + H \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{e}{2} \right) \quad (10)$$

$$H'_{sr} = H \left(1 + \frac{a+e}{2} \right), \quad \lambda = 1 + \frac{a+e}{2} \quad (11)$$

$$H'_{sr} = H \cdot \lambda \quad (12)$$

Dakle, odnos srednje smjerne sile na brodu (H_{sr}') i smjerne sile na koju ne utječe brodski feromagnetizam, odnosno smjerne sile na kopnu (H) je koeficijent smjerne sile λ ;

$$\lambda = \frac{H'_{sr}}{H} \quad (13)$$

Parametri a i e smanjuju smjernu silu i pri normalno građenom brodu i pravilno smještenom kompasu negativnog su predznaka te je $\lambda < 1$ i $H'_{sr} < H$.

Nakon kompezacije koeficijenta D, parametri a i e izmjenjeni su utjecajem korektora od mekog željeza u parametre a' i e' , a koeficijent λ u λ' .

Kada je D° potpuno poništeno, tada je $a' = e'$ i slijedi:

$$\lambda' = \frac{H'_{sr}}{H} = 1 + \frac{e' + a'}{2} = 1 + e' \quad (14)$$

Taj koeficijent je u pravilu manji od 1 i kreće se između 0,8 i 0,9.

Vrijednost smjerne sile određuje se prije montaže kompasa na brodu da bi se izabralo najpovoljnije mjesto za kompas. Mjerenjem nakon kompezacije, koeficijent λ' pokazuje rezultat kompenzacije i mjerilo je pouzdanosti kompasa.[3].

Određivanje koeficijenta smjerne sile

U praksi se koeficijent smjerne sile određuje oscilatornom magnetskom iglom te pomoću deflektora.

Postupak određivanja koeficijenta oscilatornom magnetskom iglom se bazira na činjenici da su smjerne sile na dva različita mjesta obrnuto proporcionalne kvadratu vremena potrebnog da ista oscilatorna magnetska igla učini isti broj titranja:

$$\frac{T^2}{T_1^2} = \frac{B_H'}{B_H} \qquad \frac{T^2}{T_1^2} = \frac{H_1}{H} \qquad (15)$$

$$B_H' = B_H \cdot \frac{T^2}{T_1^2} \qquad H_1 = H \cdot \frac{T^2}{T_1^2} \qquad (16)$$

$$\frac{T^2}{T_1^2} = \frac{H_1}{H} = \lambda \qquad (17)$$

gdje je:

T = vrijeme potrebno da igla izvrši određeni broj titraja izvan broda – na kopnu ili na drvenom čamcu izvan broda

T_1 = vrijeme potrebno da igla izvrši isti broj titraja na brodu

H – vodoravna komponenta vektora jačine Zemljina magnetskog polja

B_H - veličina magnetske indukcije u vodoravnom brodskom željezu

Otkloni igle trebaju biti između 30° i 40° . Oscilatorna magnetska igla postavi se na mjesto kompasa, a iz stalka kompasa odstrane se svi elementi za kompenzaciju. Ako je kompas suh može on poslužiti kao oscilatorna magnetska igla. Magnetska igla se zanjiše te se mjeri vrijeme određenog broja njihanja, i to u četiri kardinalna kompasna kursa N, E, S, W. Pri okretanju broda sama oscilatorna igla služi kao kompas. Vrijeme za određeni broj njihanja označi se s T_1 . Nakon toga ista oscilatorna igla se postavi na kopno gdje nema magnetskih smetnji.

Ponovno se zanjiše igla i mjeri se vrijeme T istog broja osciliranja kao na brodu. Odredi se λ za pojedini kurs iz sljedećeg izraza:

$$\lambda = \frac{B'_H}{B_H} = \frac{H_1}{H} = \frac{T^2}{T_1^2} \quad (18)$$

Drugi način određivanja koeficijenta smjerne sile je pomoću deflektora, uređaja koji se sastoji od jednog ili dva magneta koji se postavlja iznad magnetskog kompasa tako da se može učvrstiti uvijek na istom mjestu. Magnet ili magneti nalaze se u posebnom oklopu i vijkom je omogućeno dizanje i spuštanje tih magneta.

Kompas se izvadi iz kardanskog ležišta na brodu i postavi se na kopnu daleko od utjecaja magnetskih smetnji, odnosno na plastični ili drveni čamac dovoljno daleko od broda. Kada se ruža kompasa smiri i postavi u smjer magnetskog meridijana bit će pod isključivim djelovanjem horizontalne komponente H zemaljskog magnetizma. Na kompas se postavi deflektor, tako da magnet deflektora stoji pod pravim kutom na magnetski meridijan, dakle da se poklapa sa smjerom E – W ruže kompasa. Ako se npr. S pol deflektora stavi iznad E ruže, N pol ruže bit će privučen udesno.

Podizanjem i spuštanjem magneta na deflektoru postiže se veći ili manji odklon ruže. Kada se postigne odklon ruže za 45° , tada je intenzitet horizontalne komponente zemaljskog magnetizma na tom mjestu na Zemlji H jednak magnetskom djelovanju deflektora D .

Položaj magneta na deflektoru učvrsti se vijkom i više se ne smije mijenjati. Zatim se kompas odnese na brod i postavi u stalak kompasa, a brod postavi u kurs u kojem će se odrediti λ .

Ruža kompasa postavi se u smjeru kompasnog meridijana na brodu te se ponovno postavi deflektor na kompas tako da magnet deflektora stoji pod pravim kutom na kompasni meridijan i ponovno ako je S pol magneta deflektora u smjeru E kompasa, privući će N ruže udesno za neki kut α koji sada više neće iznositi 45° , već vjerojatno nešto više jer je horizontalna komponenta na brodu B'_H drugačija od one na kopnu, magnetsko djelovanje D deflektora je ostalo isto (jer se nije mijenjao položaj magneta na deflektoru).[16]

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{H_1} = \frac{H}{H_1}, \quad (19)$$

$$H_1 = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (20)$$

pri čemu je α – kut odklona ruže kompasa.

$$D=H \rightarrow H_1 = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (21)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{H_1} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{H_1} \rightarrow H_1 = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad \lambda = \frac{H_1}{H} \quad (22)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{H}{H_1} \rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{H_1}, \quad \lambda = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (23)$$

Budući da je $\lambda = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$,

slijedi:

$$\frac{H_1}{H} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \lambda; \quad \lambda = \frac{H_1}{H} \quad (24)$$

7. ZAKLJUČAK

Na brodu je magnetski kompas podvrgnut utjecaju feromagnetskih masa od kojih je brod s opremom napravljen te na njega djeluje, osim magnetskog polja Zemlje, i magnetsko polje broda. Zbog toga, osjetljivi element magnetskog kompasa na brodu pokazuje smjer meridijana kompasnog. Upravo zbog navedenih karakteristika magnetskog kompasa tj. čimbenika koji utječu na njegovu točnost, važna je pravilna ugradnja odnosno instalacija magnetskog kompasa na brod. Magnetski kompas se danas sve manje koristi, prvenstveno zbog toga što su ga istisnuli žirokompas te bolji i precizniji elektronički uređaji.

Upravo zbog kriterija koji se trebaju uzeti u obzir pri instalaciji magnetskog kompasa, koji su navedeni u radu, jedan su od razloga zbog čega se danas sve manje upotrebljavaju. Međutim sukladno SOLAS konvenciji i dalje su obavezni na brodu.

Magnetski kompas se najčešće postavlja na krovu kormilarnice, zbog toga što je utjecaj brodskog magnetskog polja najmanji, te na mjestu odakle je moguće promatrati čitavi horizont. U blizini ne smije biti vertikalnog željeza, pokretnih željeznih masa, elektromotora, toplinskih strojeva itd.

Potrebno je i voditi računa o utjecaju temperature i vlažnosti. Temperatura utječe na gustoću tekućine te može doći do smrzavanja. Vlažnost povećava koroziju i otežava održavanje te utječe na rad dijelova za prijenos podataka.

Nakon postavljanja magnetskog kompasa potrebno je izvršiti provjeru njegove ugradnje u odnosu na uzdužnicu broda, uzdužnu i okomitu os kompasa i spoj stalka s palubom. Provjera se vrši smjeranjem pramčanog i krmenog koplja te mjerenjem sredine kompasa od lijeve i desne strane simetrično građene prostorije.

Postavljeni kompasi se ispituju u luci i u plovidbi. U luci se provjerava kompletnost kompasa, ispravnost montaže i pravilnost električnih spojeva, a u plovidbi se određivanje devijacija i sastavlja tablica devijacije. Kao posljedica gradnje broda dolazi do otklona 0° (N) ruže vjetrova iz magnetskog meridijana. Da bi se poništio negativan utjecaj brodskog magnetizma, obavlja se kompenzacija magnetskog kompasa.

Kompenzacija je postupak u kojem se pokušava, što je više moguće, smanjiti ili poništiti utjecaj odedenog magnetskog polja koji utječe na magnetsku ružu zbog izjednačavanja smjerne sile.

Smjerna sila otklanja magnetsku iglu u smjeru magnetskog meridijana. Na brodu se uvijek uzima kao aritmetička sredina smjernih sila u svim kursovima. Koeficijent smjerne sile je odnos između srednje smjerne sile na brodu i srednje smjerne sile na kopnu. Njena uobičajena vrijednost je uglavnom manja od 1 a najčešće je između 0,8 i 0,9. Najpovoljnije mjesto za postavljanje magnetskog kompasa je ono gdje je koeficijent smjerne sile što bliži 1.

LITERATURA

- [1] Benković F. i drugi: *Terestrička i elektronska navigacija*, Hidrografski Institut Split, Split 1986.
- [2] *Magnetski kompas*, DSNO, Beograd 1964.
- [3] Lušić Z.: *Terestrička navigacija*, Pomorski fakultet u Splitu, Split 2006.
- [4] Simović I.A.; *Terestrička navigacija*, Školska knjiga, Zagreb 1987.
- [5] Solarić, M., Solarić, N.: *Povijesni pregled uporabe magnetskog kompasa*, Geodetski list, Zagreb, 2009.
- [6] <http://up.picr.de/20224835qi.jpg> (06.05.2017.)
- [7] <http://documents.tips/documents/magnetizam-55a752c270b2d.html>(06.05.2017.)
- [8] https://www.pfri.hr/~brcic/downloads/2.%20Terestricka%20navigacija%20_Magnetizam.pdf (10.05.2017.)
- [9] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Demagnetizacija> (10.05.2017.)
- [10] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Baza_za_demagnetizaciju.jpg (10.05.2017.)
- [11] <http://solasv.mcga.gov.uk/Annexes/Annex20.htm#31> (19.11.2017.)
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Great_Western (20.11.2017.)
- [13] www.pfri.uniri.hr/~skos/.../3.TEORIJSKE.OSNOVE.BRODSKOG.MAGNETIZMA.ppt (20.11.2017.)
- [14] http://www.unizd.hr/Portals/1/nastmat/Terestrika/AB_Terestrika2.PDF (20.11.2017.)
- [15] <http://www.compassadjustment.com/> (25.02.2018.)
- [16] <http://www.pfri.uniri.hr/~skos/downloads/3.TEORIJSKE.OSNOVE.BRODSKOG.MAGNETIZMA.pptx> (22.03.2018.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Magnetski kompas u kardanovu ležaju.....	3
Slika 2. Magnetski kompas sa stalkom i kompenzatorima	4
Slika 3. Koordinatni sustav kompasa i ostale veličine vektora totalne jakosti Zemljina magnetskog polja.....	9
Slika 4. Promjena stalnoga brodskog magnetizma u uzdužnom brodskom željezu u ovisnosti o smjeru kretanja broda.....	10
Slika 5. Kompenzacija +P komponente (lijevo) i +Q komponente(desno)	11
Slika 6. Krivulja devijacije i smjerne sile pri kompenzaciji stalnog brodskog magnetizma.....	12
Slika 7. Parametri mekog željeza	13
Slika 8. Baza za demagnetizaciju brodova na Marjanu	21
Slika 9. Instalacija kompasa na "Monkey Island" na uzdužnicu broda	26
Slika 10. Instalacija magnetskog kompasa u neposrednoj blizini elektroničkih uređaja	27
Slika 11. Kompas ugrađen na strop kormilarnice	27
Slika 12. Magnetski kompas na brodu	29

POPIS TABLICA

Tablica 1. – Mijenjanje devijacije pri promjeni kursa	6
---	---